



Title	東南極みずほ高原におけるJARE-43人工地震の観測
Author(s)	高田, 真秀; TAKADA, Masamitsu; 戸田, 茂 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 66, 77-85
Issue Date	2003-03-20
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.66.77
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14326
Type	departmental bulletin paper
File Information	66_p77-85.pdf



東南極みずほ高原における JARE-43 人工地震の観測

高田 真秀

北海道大学大学院理学研究科附属地震火山研究観測センター

戸田 茂

愛知教育大学教育学部地学教室

神谷 大輔

白山工業株式会社

宮町 宏樹

鹿児島大学理学部地球環境科学科

(2003 年 1 月 10 日受理)

Seismic Survey on the Mizuho Plateau in the SEAL Project, JARE-43 (2002), East Antarctica

Masamitsu TAKADA

Institute of Seismology and Volcanology, Graduate School of Science, Hokkaido University

Shigeru TODA

Aichi University of Education

Daisuke KAMIYA

Hakusan Corporation

and

Hiroki MIYAMACHI

Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University

(Received January 10, 2003)

Seismic survey with 8 dynamite shots was conducted on the Mizuho Plateau in JARE-43 (2002), East Antarctica. Along the survey line of about 150 km, 161 seismic observations were installed. The seismic survey consists of 3 groups, engaged in controlled source, seismic observation and helicopter operations. Our group mainly worked for the seismic instrumentation and observation in addition to the radio echo sounding survey to detect the icebed thickness. This report introduces the outline of our survey.

I. はじめに

第43次南極観測隊(JARE-43)夏隊では、第41次南極観測隊(JARE-41)夏隊に引き続いて、「東南極リソスフェアの構造と進化研究(SEAL)計画」に基づいて、昭和基地周辺の大陸氷床上的みずほ高原において、みずほルート上のH176でほぼ直交する約150kmに及ぶ測線(Fig. 1)上で薬量700kgの大発破を7ヶ所、20kgの小発破を1ヶ所のダイナマイト震源による地殻深部の構造探査を行った。

人工地震観測班は震源班、測線班、ヘリコプター班の3班で構成され、下記のメンバーで構成された：

震源班

宮町宏樹：総責任者兼班長・ルート工作・ラインアップ観測

高橋康博¹：発破

中野浩司²：雪上車整備（機械隊員）

石崎教夫³：スチームドリル操作・調理（フィールドアシスタント）

渡邊篤志⁴：スチームドリル操作

柳澤盛雄⁵：ルート工作・野外行動（42次越冬隊員、フィールドアシスタント）

測線班

戸田 茂：班長・観測点設置・GPS測定・重力測定

高田真秀：観測点設置・アイスレーダー操作

中村俊弘⁶：雪上車整備（機械隊員）・観測点設置

吉田 望⁷：雪上車整備（機械隊員／中村隊員と途中交代）・観測点設置

神谷大輔：観測点設置・調理

ヘリコプター班

松島 健⁸：班長・ペネトレーター操作・GPS基準点

山下幹也⁹：ペネトレーター操作

- 1) 北海道日本油脂㈱
- 2) 大原鉄工所
- 3) テクノフロント
- 4) 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻
- 5) 無所属
- 6) 滋賀医科大学
- 7) いすゞ
- 8) 九州大学理学研究院地震火山研究観測センター
- 9) 総合研究大学院大学極域科学専攻

震源班および測線班は、それぞれ大型雪上車 2 台で行動し、震源班は測線のルート工作、発破作業、観測点回収を、測線班は観測点の展開、GPS 測量、アイスレーダー測定、観測点回収を、ヘリ班は昭和基地をベースに、投下式地震計(ペネトレーター)の試験観測を、それぞれ主に行った。

2001 年 11 月 14 日に南極観測船しらせは、東京晴海港を出航した後、29 日にオーストラリア西部のフリーマントルで観測隊と合流した。フリーマントルを出航後、2001 年 12 月 21 日及び 22 日に内陸旅行の拠点となる Fig. 1 の S 16 地点にしらせヘリコプターで輸送され、2002 年 2 月 6 日にしらせヘリコプターで、S 16 を離れるまでの約 50 日間の南

極における人工地震観測の工程であった。今回の報告では、主に我々が従事していた測線班での活動を報告する。

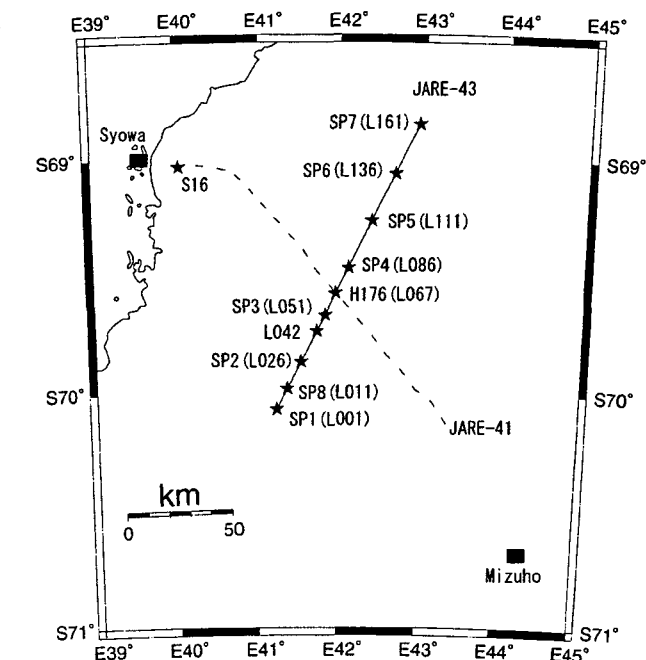


Fig. 1. Seismic survey line of JARE-43 from L 001 to L 161. SP indicates the shot point of dynamite. Squares show Mizuho base and Syowa base. Seismic survey of JARE-41 is also shown by broken line.

II. 地震観測

Fig. 1 に示される観測点 L 001 から L 161 まで、約 150 km の間に 161 個の地震観測点を設置した。これら観測点間の距離は、約 1 km である(一部、みずほルート付近の L 057-L 077 では、500 m 間隔である)。観測点を設置した日付と観測点範囲及び設置数を Table. 1 に示す。

Table. 1. Working schedule of seismic instrumentation

Data	Location	Number of installations
2002. 1. 1	L 067-L 038	25
2002. 1. 2	L 037-L 013	25
2002. 1. 3	L 012-L 001	12
2002. 1. 4	L 069-L 095	23
2002. 1. 5	L 096-L 125	30
2002. 1. 6	L 126-L 150	25
2002. 1. 7	L 151-L 161	11
2002. 1.14	L 076-L 064	7
2002. 1.15	L 062-L 058	3

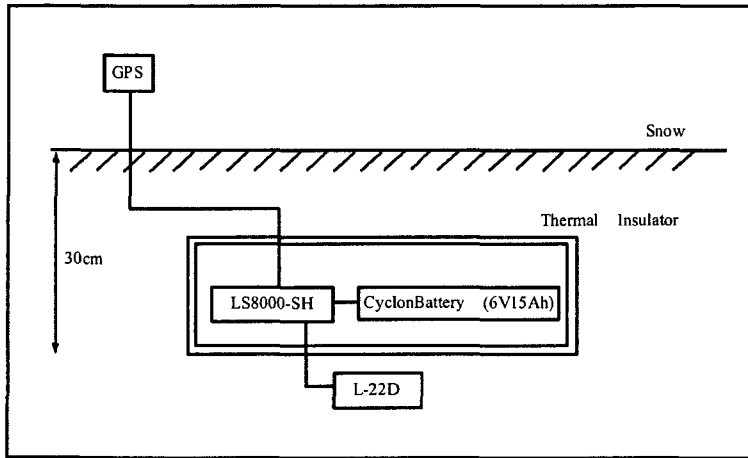


Fig. 2. The configuration of seismic observation

地震観測計器の構成は、Fig. 2 のようになる。地震計は、米国マークプロダクツ社製 L-22 D 型上下動地震計（固有周波数 2 Hz）を使用した。地震波形のデータは、6 V 15 Ah のサイクロン電池を電源として、白山工業（株）製データロガー LS 8000-SH（20 Mbyte 仕様）に記録し、GPS を使用して時刻校正も行った。データロガーとサイクロン電池は、緩衝材付の保温箱に入れられた。そして、防水のため、保温箱をポリ袋で包み、PP バンドで固定し、雪の中に埋設した。GPS アンテナは、雪で覆われないように高さ約 80 cm のアンテナ台にのせた。

これらの観測準備は、全て雪上車内で設置の前日に行った。夕食後に翌日設置するデータロガーの測定スケジュールの設定をした。設定されたデータロガーは、サイクロン電池とともに保温箱への詰め込みを行い、時刻校正用 GPS アンテナ台は夕食準備中に組み立てた。

設置当日は、

- 1) 先頭の雪上車の 2 人が、ルートの上流に深さ 30 cm 程度の穴をスコップで掘る。
- 2) 後続の雪上車の 2 人が、さらに地震計用の下穴を掘り、地震計特製の 40 cm 雪氷用スパイクを装着して地震計を埋設した。そして、結線終了後、機器が正常に動作しているのを確認し、保温箱ごと雪中に埋設する。
- 3) 次の観測点に移動する。

という作業を繰返し、1 観測点当たり約 15 分程度かかった。

ダイナマイトによる発破作業は、2002 年 1 月 8 日（SP1）から 2002 年 1 月 27 日（SP8）にかけて行われた。観測終了後、2002 年 1 月 27 日から、1 月 29 日にかけて 3 日間で震源班、測線班それぞれが、データロガー・地震計を回収した。観測中、2 台のデータロガーが、電池切れで観測途中で測定を中止したが、それまでに行われた人工地震の記録を正常に記録していたことから、全ての観測点でほぼ全ての地震波形の記録を収録した。地震観測記録を用いた構造解析は、現在進行中で、別途公表予定である（宮町・他、2003）。

III. アイスレーダー観測

1. アイスレーダー観測

地震観測と同時に、各観測点では、GPS や重力による計測が行われた。これらのデータを解析して地下構造を明らかにする際、各観測点直下の氷床の影響を考慮しなければならない。地震波の初動の走時を解析することによって、氷床の厚みを知ることが可能である。だが、人工地震探査によって得られる氷床厚のデータと比較検討を行うために、地震波の解析と異なる手法（アイスレーダー）を用いて、独立に氷床厚の連続観測を測線にそって行った。

2. 観測機器

今回使用した機器は、送受信系（60 MHz 送受信機、八木アンテナ）、データ収録系（ノートパソコン、デジタルオシロ、GPS）で構成される（Fig. 3）。60 MHz 送受信機の電源は、雪上車の配電盤（DC 24 V, Max 30 A）から DC 24 V を使用した。データ収録系の機器は、同配電盤にインバーター（Max 500 W）を接続し、AC 100 V に変換後、使用した。また、雪上車の壁には N 型コネクタが埋められており、このコネクタを中継することによって、雪上車外部の八木アンテナと、雪上車内部の送受信機を同軸ケーブルでつないだ。

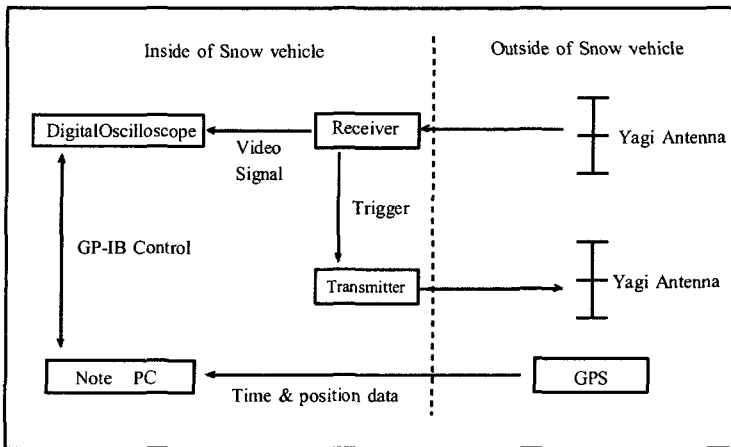


Fig. 3. The configuration of Radio echo sounding survey

3. 設置

2002年12月26、27日に、隊員4名で、雪上車にアイスレーダー観測機器を設置し、ほぼ1日半を要した。今回の観測のために、単管パイプを雪上車に固定するための台座、単管パイプとアンテナを取り付けるためのアンテナ取り付け金具を新規に製作し、雪上車外に装着した（Fig. 4）が、約50日に及ぶ旅行の間トラブルはなかった。また、雪上車内部では、送受信機を固定するために、雪上車に設置されていたラックに穴を開け、ボルトで固定した。データ収録系の機器については、機器の下に、スポンジを敷いて雪上車の振動を防ぐ工夫をしたのち、ゴムバンドで、ラッ

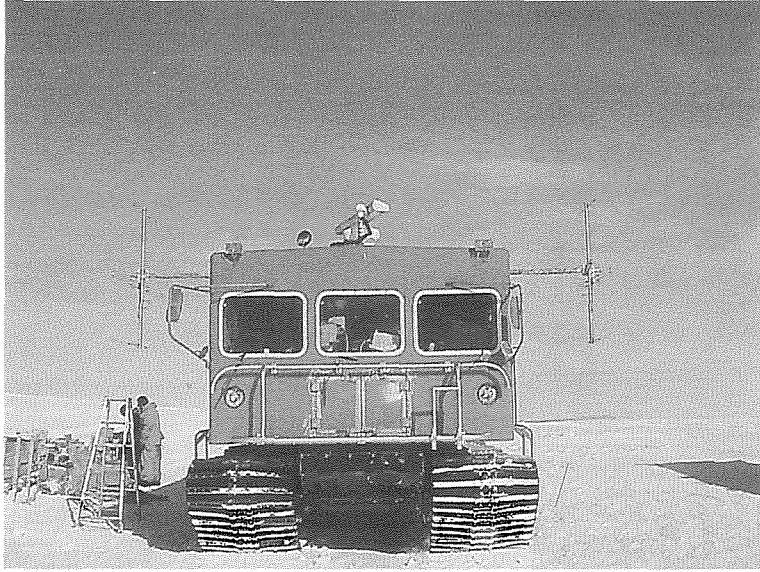


Fig. 4. Snow vehicle with antennas at S 16

クに固定した。

過去に行われた観測では、アンテナの素子が、雪上車の移動中に振動のため折れたという報告がある。そのため、アンテナを組み立てるとき、アンテナ素子をねじ止めした部分 (Fig. 5 の矢印部分) にアルミホイルを巻き、その上から、粘着テープを巻いて補強した。このようにすると、ねじ止めの部分が強度を増すだけでなく、多少ねじがゆるんでも、導通があるためアンテナの機能が保たれるためである。結果的には、雪面の状況が良好であったため、雪上車のゆれは小さく、アンテナ素子が折れるようなトラブルはなかった。

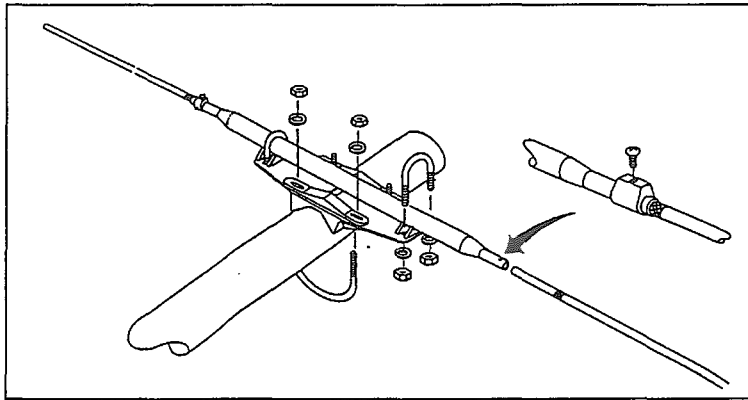


Fig. 5. Element assembly of the antenna used for radio echo sounding

Table. 4. Specification of Radio echo sounding survey

Antenna	Type Gain	3 elements Yagi Antenna 7.2 dBi
Receiver	Sensitiveness (minimum)	-110 dBm
Transmitter	Frequency	60 MHz
	Pulth Height	1 kw
	Pulth Width	1, 0.5, 0.25 μ sec (Variable)
	Pulse Interval	1 kHz

4. 測定および測定結果

測定を実施した日付と観測点範囲を Table. 5 に示す. 観測中の雪上車の移動速度は時速 10~12 km で, 毎日それぞれの距離を移動する間, 連続観測を行った.

60 MHz 帯のパルス波 (パルス幅 1 μ sec, 繰返し周期 1 kHz) を, 送信アンテナから, 氷床に向けて発射し, 基盤から反射された電波を受信アンテナで受信した. 受信した信号は, デジタルオシロに送られ, 20 nsec 間隔で, エコーが帰ってくるまでの時間と氷床内部からのエコーの強度を測定する. そして, 256 回サンプルされた受信信号をスタックアベレーシングして, S/N 比を向上させ, 波形データ (氷床内部からのエコーの強度とエコーが帰ってくるまでの時間) を作成する. 得られた波形データは GP-IB 経由でノートパソコンに収録され, GPS で得られた時刻, 緯度, 経度などの情報と共に同時に記録された. 同時に, 観測点やルート上に 500 m 毎に立てられた旗ざおを通過する度に, 通過時刻をメモに記録し, 観測点位置と観測時刻のクロスチェックにした.

Table. 5. Working schedule of radio echo sounding survey

Date	Location	Operation distance
2002. 1.21	L 001 -> L 057	45 km
2002. 1.23	L 057 -> L 107	45 km
2002. 1.24	L 067 -> L 095	23 km
2002. 1.25	L 095 -> L 161	66 km
2002. 1.28	L 068 -> L 042	20.5 km

測定の結果, Fig. 1 の L 161 から L 042 (約 109 km) で, アイスレーダーの観測データを収録できた. L 001 から L 041 (約 41 km) の領域では, 雪上車に埋設された N 型コネクターの不良により, 正常なデータは得られなかった. アイスレーダー観測では, 基盤からのエコー以外に, 1) 氷床内部で, 結晶方位が周りと異なる層からのエコー 2) 火山噴火に伴う堆積物などによる酸性度高い層からのエコー などが観測される. 今回, 収録されたデータから, 深度約 2000 m までの基盤エコーを検出する氷厚自動検出プログラムを使用, 氷床厚を求めた. 検出結果, ノイズなどの理由から, 基盤からの反射波を読み取れなかった領域や基盤と異なる層からのエコーを基盤と判断された領域があった. それらの領域については, Fig. 6 に示すような, 氷床内部からのエコー強度を作図した. 基盤からのエコー以外に, 上に述べた 1) や 2) によるエコーが見られた

(Fig. 6 中, 深さ 1500 m 未満に見られるピーク) が, 基盤からのエコー (Fig. 6 の矢印部分) を読み直して, 氷床厚を決定した. これらの結果については, 別紙で報告している (高田・他, 2002).

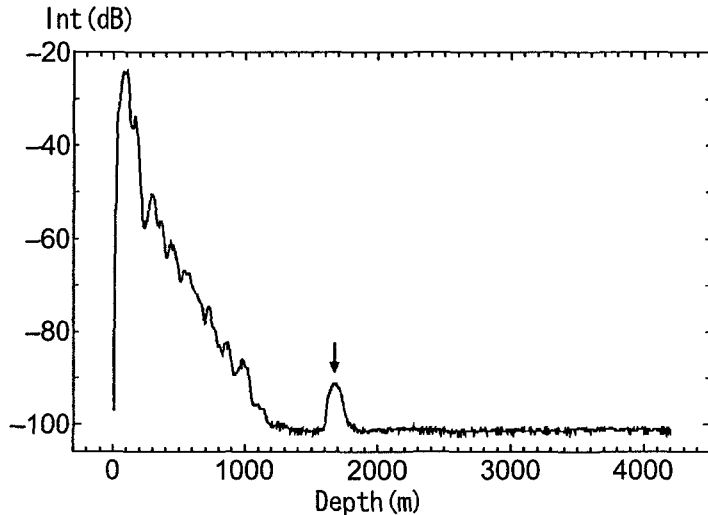


Fig. 6. Echo chart by radio sounding. Vertical axis shows intensity of the echo. Horizontal axis shows distance from the surface. Arrow indicates echo from the basement.

IV. ま と め

今回の実験で, 人工地震観測記録・アイスレーダーによる氷床厚データを取録できた. 現在進行中の解析結果および JARE-41 の結果を合わせることによって, みずほ高原下の 2 次元的地殻構造を推定できると期待できる.

謝辞 本文中で紹介した他の隊員同様, 前野英生氏 (通総研), 松岡健一氏 (地球研), 金尾政紀氏 (極地研), 古川晶雄氏 (極地研) からは, アイスレーダーの観測のために, 国内準備などで, 御協力いただいた. 特に, 前野氏からは, 今回のデータ解析のためのプログラム作成など絶大な支援を頂いた. また, 2001 年 11 月 28 日成田空港を出発し, 2002 年 3 月 28 日に帰国するまでの間, 地震火山センターの石川技官 (当時), 岡山技官, 一柳技官に多くの負担をかけてしまいました. 彼らの理解なしでは, 今回の構造探査に参加できませんでした. 感謝いたします.

文 献

筒井智樹, 2001. みずほ高原における近年の人工地震探査, 月間地球号外 No 35, 57-61.

宮町宏樹・村上寛史・筒井智樹・戸田茂・民田利明・柳澤盛雄, 2001. 東南極みずほ高原における屈折法地震探査実

駿—第 41 次夏期観測観測概要—, 南極資料, 45, 101-147.

JARE-40 気水圏部門アイスレーダ観測担当, 2000. 第 40 次日本南極地域観測隊におけるアイスレーダ観測報告書—観測に至る準備と観測の経緯および取得データの概要と将来への引継ぎ—

宮町宏樹・戸田茂・松島健・高田真秀・高橋康博・神谷大輔・渡邊篤志・山下幹也・柳澤盛雄, 2003. 東南極みずほ高原における屈折法および広角反射法地震探査—観測概要 (第 43 次夏隊報告)—, 南極資料, 印刷中.

高田真秀・戸田茂・神谷大輔・前野英生・松岡健一・宮町宏樹・金尾政紀・古川晶雄, 2002. JARE43 人工地震探査測線上でのアイスレーダを用いた氷床厚測定, 第 22 回南極地学シンポジウムプログラム・講演要旨, 78-79.